土壤肥力與水稻胡麻葉枯病之關係研究[1]

李子純、許雨順、林慶喜[2]

摘　　　要

胡麻葉枯病為本省東部地區一種極為普遍而嚴重的水稻病害，此種病害雖由真菌引起，但多發生在不良土壤上，與土壤肥力有不可分的關係。本研究於66年一、二期作由農業試驗所與花蓮農業改良場合作舉行，其結果可摘要如下：

1.由罹病指數與稻谷產量的顯著負相關關係顯示水稻胡麻葉枯病在東部地區確為影響水稻產量的主要因素。

2.本省東部地區土壤所含有效性鉀、錳及矽多偏低。

3.水稻胡麻葉枯病在有效性鉀、錳或矽含量低及陽離子交換能量低的土壤更易發生。

前　　　言

胡麻葉枯病係由一種真菌(Fungus)引起的水稻病害，公元1900年首先由 J. Brede de Haan 氏發現並命名此種真菌為 Helminthosporium oryzae，日本也幾乎同時開始對此病害進行研究。自此，其他國家對它的研究也很多。其最顯著的病徵出現在水稻葉片及穎苞上，典型的斑點呈棕色，橢圓形，與芝麻的形狀及大小相似，在中國及日本的文獻上名為「胡麻葉枯病」(15)。

凡有水稻生長的地方，如西半球、亞洲、非洲均有此種病害發生，但在南亞地區此種病害很少在正常土壤中發現，普通都發生在一些問題土壤中，如某種養分缺乏或由於排水不良，水稻養分的吸收受阻等(9,15,19,)。

1947年日本發現一種名為"Akiochi"（秋落）的生理病與此病關係密切，而對其作更多的研究。Akiochi 係一些病徵相似，但原因複雜的生理病總稱，普通都發生在滲透快，淋溶過度的退化水田，即活性鐵含量低，還原性錳低，有效矽低，陽離子交換能量低，塩基含量低的土壤；或導因於稻田還原狀態中所產生過量的 H_2S，因缺乏鐵、錳，無法沉澱，阻碍植物呼吸作用，使植物無法產生足夠吸收養分的能量；或由於植物生長後期氮及鉀的缺乏。當植物生長在養分供給不平衡的環境中時，極易感染胡麻葉枯病，而普通患有胡麻葉枯病的植物其鉀、鈣、鎂、錳、矽的含量均較一般為低(19)。日本現在對這種病害幾乎已能完全控制。

在韓國一種類似日本的 Akiochi 生理病也被報導為一種嚴重的水稻病害，這種生理病帶有胡麻葉枯病的斑點，受害的植物常含多量的硫及鐵，而鉀、鎂、錳及矽的含量極低，施

1. 本報告錄自中華民國農學團體六十七年度聯合年會特刊 P20～40。

2. 臺灣省農業試驗所技正、花蓮區農業改良場課長、同股長。

用矽酸鈣有時很有效[19]。

本省東部水稻胡麻葉枯病普遍嚴重。東部片岩質土壤之肥力與其他地區迥異，尤其各種微量要素含量偏低，而該地區發病原因與土壤性質之關係過去尚無研究資料。本研究之目的即為明瞭土壤性質，肥力因素與胡麻葉枯病之關係，進而研究如何改進土壤肥力以期控制此種病害之發生，增加水稻產量。

試驗方法

本試驗共分二部分。其一為發病程度不同土壤之肥力調查；另一為田間試驗。茲將其分述如下：

一、東部各地發病程度不同土壤之肥力調查：

為比較水稻胡麻葉枯病發病程度不同處之土壤肥力差別情形，依發病程度分發病嚴重、中等及輕微三等級，在東部地區各選10處，共計30處為觀察田，每觀察田面積為500平方米。各觀察田之施肥量以當地適量為準，水稻品種則為臺南五號。

(一)土壤分析：在兩期水稻灌水插秧前，於各觀察田採取表土（15公分）樣本共兩次，經風乾，磨細（經 2mm篩）後作下列項目分析。

1. 全氮（Total nitrogen）：用 Kjeldahl 氏法。
2. 有機質（ Organic matter）：用 Modified Walkley-Black 氏法。
3. pH：用玻璃電極法，土壤與水之比為1：1。
4. 陽離子交換能量（Cation-exchange-capacity）：採 Bower 等[6]之方法，先以pH 8.2之 NaOAC 洗土壤四次，次以95%酒精將土壤中剩餘之 NaOAC 洗出（共三次），再以 pH 7.0 之 1N NH_4OAC 洗土壤三次，集其洗出液於量瓶中，並稀釋至定量，測定其 Na 之濃度。
5. 交換性 Ca、Mg、K: 用 pH7.0 1N NH_4OAC 法。
6. 有效性 P、K,：有效磷用 Bray's P_1 法，有效鉀用 Mehlich 氏法。
7. 有效矽：用 Imaizumi 及 Yoshida 法[8]，即以 pH 4.0，1N NaOAC 抽出後，再以鉬酸銨及亞硫酸鈉呈色測定。
8. 有效性鐵、錳、銅、鋅：以 0.1 N HCl 及 0.01 M EDTA & 1M ammonium carbonate (pH 8.6) 二種方法抽出後用原子吸光儀測定。
9. 活性鐵（Free Fe）：用 Asami & *Ku mada* 氏法[4]，土壤以 $Na_2S_2O_4$ 及 0.02 M EDTA 抽出後，以原子吸光儀測定。
10. 易還原性錳（Easily reducible Mn）：用 Sherman 氏法[16]，即以 pH7.0 ，1N NH_4OAC 內含 0.2% hydroquinone 抽出後以原子吸光儀測定。

(二)植物分析：一期作在觀察田水稻抽穗期；二期作則分別在水稻孕穗期、抽穗期及成熟期時採取水稻植株樣本，去除其穗部，以 75—80°C 烘乾後，磨細，作植物分析，項目包括 N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn,及 Si 等。

(三)田間調查：

1. 罹病指數調查：調查方法係參考國際稻米研究所印行之「水稻標準檢定方法」[2]。

將水稻葉片病斑面積分為1%、5%、25%及50%等四級，其指數則分為1, 3, 5, 7, 9 等五級，即 0.1～1%=1, 1.1～5%=3, 15.1～25=5, 25.1～50%=7, 50.1%以上=9, 依此基準，罹病指數之計算方法為：

$$罹病指數=\frac{（各級指數\times各該級發病葉數）之總和}{最大指數（即9）\times總葉數}\times100$$

發病調查在每觀察區共調查120片葉，一期作第一次調查在抽穗期，調查葉為由上起第2, 3, 4葉；第二次在第一次調查後約經二週，為由上起第1, 2, 3葉。二期作兩次則分別在水稻孕穗期及抽穗期。

2,產量及產量構成因素調查：包括稔實率，千粒重及產量等。

3.田間滲漏速度調查：在各觀察田挿秧後30天，測定田間滲漏速度。方法為灌溉後將直徑10公分塑膠管插入犂底層，上蓋塑膠布，並綁緊，於適當時間後測定管內減水量，換算為深度。

㈣統計分析：由土壤及植物分析資料與田間調查所得資料以程式電子計算機進行相關分析，以明瞭其間之關係。

二、田間試驗：在吉安發病地區（花蓮改良場農場）內客入經常發病（二種）及不發病（三種）地區之土壤共五種，種植水稻，比較各不同土壤中生長之水稻罹患胡麻葉枯病的情形。其處理方法為將內面積為113×45（公分），高為20公分的無底水泥框放進發病田，取去原田土（20公分表土），再分別填入各不同田土，每水泥框內挿秧10株，行株距為22.5×22.5公分。田間設計採逢機完全區集法，重複五次，水泥框係以等距離分散於一般栽培水稻之間。同時進行土壤分析及罹病指數，產量及產量構成因素等調查。除水泥框內部份外，框外部份（即吉安土壤）亦同作調查以資比較。

試驗結果及討論

一、發病程度不同土壤之肥力調查

本試驗在東部地區所設之觀察田30處，其地點及各處水稻之胡麻葉枯病罹病指數（兩次調查結果平均），田間漏水量及產量等資料列於表1，土壤分析結果列於表2及3（土壤分析曾以兩期作挿秧前所採之土樣分析兩次，其中除土號2, 23, 34, 及25等四處因試驗地點有變動，分析結果差異較大外，其他分析結果均極接近，故此處僅以一期作前所採土壤之分析結果列出）。玆將所得結果分別討論於下：

㈠罹病指數與水稻產量的關係：

本試驗中罹病指數與水稻產量在兩期作中均呈極顯著負相關關係如表4。至於罹病指數與稔實率及千粒重的關係（本試驗中所調查的產量構成因素），則在一期作中罹病指數僅與稔實率成極顯著負相關關係；二期作則僅與千粒重成顯著負相關關係。至於產量與稔實率及千粒重的關係則雖在兩期作中均未達顯著平準，但仍為正相關關係。圖1及2顯示胡麻葉枯病與稻谷產量間的關係，此二圖極明顯地顯示胡麻葉枯病在東部縱谷為主要影響產量之因素。

表1. 各觀察田之罹病指數，田間漏水量及產量（民國66年，一、二期作）

Table 1. Disease index, field water percolation rate, and grain yield of the observation plots (1st and 2nd crop, 1977)

試驗代號	地　　點	罹病指數		漏水量 (cm/day)		產量 (kg/ha)		稔實率		千粒重	
		1st Crop	2nd Crop	1st Crop	2nd Crop	1st Crop	2nd Crop	1st Crop	2nd Crop	1st Crop	2nd Crop
1	吉安（改良場北）	31.10	23.70	1.38	1.83	3,738	3,310	85.5	72.0	26.8	27.5
2	花　蓮（江阿露）	13.15	1.35	1.48	0.57	5,687	5,180	88.7	93.0	26.2	26.5
3	花　蓮（蘇阿富）	25.80	26.95	6.96	2.83	5,513	4,280	81.4	74.0	26.8	24.5
4	花　蓮（鄧新奭）	22.80	4.70	1.02	0.35	4,305	4,680	88.7	83.0	24.8	25.8
5	玉　里（張漢文）	49.10	33.70	1.09	1.38	3,799	3,240	75.8	80.0	25.6	25.6
6	吉　安（林龍水）	26.50	13.40	1.94	2.13	3,474	4,100	90.1	82.0	26.0	23.4
7	吉安（改良場南）	19.00	8.00	1.10	0.93	4,796	3,280	86.1	83.0	24.8	26.9
8	吉　安（梁昌蔡）	27.00	11.25	1.29	1.01	5,287	5,400	91.1	88.0	25.6	26.5
9	吉　安（劉佳鏮）	17.30	6.45	1.57	1.92	5,097	3,560	91.2	77.0	25.4	27.0
10	吉　安（張兆麟）	6.50	1.15	2.15	2.11	3,587	4,510	90.9	89.0	24.6	26.9
11	玉　里（倪　期）	24.70	4.45	1.59	1.61	5,324	5,420	86.3	87.0	25.3	28.4
12	玉　里（鍾茶明）	34.00	15.25	1.29	1.85	4,758	4,820	85.0	83.0	25.2	24.2
13	玉　里（曾德火）	10.00	0.30	0.58	0.86	6,306	5,830	92.7	89.0	28.8	27.8
14	玉　里（周德毓）	8.30	0.45	0.12	0.27	5,740	6,480	90.0	77.0	25.8	24.6
15	玉　里（陳仁隆）	9.80	15.55	2.26	4.13	6,269	4,640	92.2	91.0	27.0	25.1
16	壽　豐（林金材）	17.40	18.85	8.96	3.76	4,191	3,280	83.9	83.0	26.0	25.3
17	壽　豐（何朝陽）	38.20	43.45	14.28	1.61	3,398	3,130	82.1	70.0	25.7	24.5
18	壽　豐（施阿來）	22.30	23.05	13.85	2.64	4,154	3,560	92.6	83.0	24.6	24.6
19	池　上（陳登紹）	13.20	2.35	0.25	0.12	5,362	3,850	83.7	82.0	22.4	25.9
20	池　上（蔡雲斗）	12.70	2.75	0.85	0.77	5,815	5,900	91.7	72.0	23.2	27.9
21	池　上（蔡銀財）	13.80	0.60	0.98	0.45	5,083	5,870	78.1	75.0	24.6	26.5
22	關　山（詹生龍）	22.00	2.90	—	0.87	5,862	5,800	83.6	92.0	23.5	25.4
23	關　山（徐金河）	17.10	4.80	2.01	0.57	4.947	5,650	78.2	84.0	23.0	26.4
24	關　山（陳子文）	22.20	1.60	1.79	0	4,871	5,470	80.8	66.0	25.2	27.5
25	鳳　林（劉桃妹）	19.60	19.20	10.00	2.31	4,305	3,740	89.7	81.0	24.8	26.6
26	鳳　林（曾清和）	19.00	20.90	3.93	1.76	4,380	3,310	91.8	72.0	26.5	25.4
27	鳳　林（管接貴）	6.00	10.55	2.00	2.38	5,094	3,490	90.9	74.0	25.0	26.1
28	光　復（彭阿猛）	12.40	2.45	0.21	0.37	5,097	5,220	88.2	74.0	30.2	24.4
29	光　復（梁進福）	33.00	34.40	2.86	2.08	3,248	3,060	77.4	74.0	26.5	26.0
30	光　復（楊英乾）	15.50	8.53	4.14	1.48	6,646	5,980	85.1	82.0	24.8	27.6

表2. 觀察田之土壤化學性質(1)

Table 2. Soil chemical properties of the observation plots(1)

試驗代號	pH	CEC meq/100g	O.M. %	Total N %	Soluble+exch. (meq/100g)			Avail(ppm)		%			Texture
					Ca	Mg	K	K	P	Sand	Silt	Clay	
1	7.40	8.13	2.21	0.09	18.50	0.91	0.0588	10	39	8.40	72.60	19.00	SiL
2	6.75	8.13	1.94	0.09	5.25	0.56	0.0614	15	242	28.40	51.60	20.00	SiL
3	6.85	11.88	4.80	0.21	8.50	1.15	0.0818	16	52	35.40	48.60	16.00	L
4	7.05	11.88	4.32	0.17	7.00	0.81	0.1535	43	64	24.40	54.60	21.00	SiL
5	6.00	8.50	3.63	0.20	5.50	1.30	0.2916	132	146	2.40	79.60	18.00	SiL
6	7.40	9.38	2.43	0.11	20.00	0.86	0.0563	11	31	10.40	71.60	18.00	SiL
7	7.40	6.25	1.66	0.08	17.00	0.60	0.0716	12	190	4.40	77.60	18.00	SiL
8	7.45	10.13	2.46	0.12	19.25	0.91	0.0691	12	59	4.40	75.60	20.00	SiL
9	7.55	8.25	2.48	0.09	19.00	0.88	0.0588	11	18	0.40	83.60	16.00	SiL
10	7.60	9.25	1.95	0.09	20.00	0.91	0.1739	8	24	0.40	80.60	19.00	SiL
11	7.30	4.00	1.90	0.10	12.50	0.53	0.0537	12	23	24.40	56.60	19.00	SiL
12	7.10	5.38	2.62	0.14	9.50	0.63	0.0563	17	15	8.40	72.60	19.00	SiL
13	6.10	23.75	2.62	0.13	10.25	4.32	0.1893	36	17	34.40	43.60	22.00	L
14	6.25	20.00	2.93	0.13	7.75	5.78	0.2916	64	20	6.40	61.60	32.00	SiL
15	7.35	7.25	2.27	0.11	20.00	1.09	0.0563	9	20	12.40	70.60	17.00	SiL
16	7.20	7.38	3.22	0.13	19.75	1.04	0.0614	14	5	36.40	49.60	14.00	L
17	7.55	8.25	3.47	0.14	21.25	1.46	0.0460	9	5	36.40	48.70	15.00	L
18	6.45	9.88	4.08	0.16	4.38	1.15	0.0537	15	22	28.40	57.60	14.00	L
19	7.45	18.13	3.23	0.15	13.75	2.21	0.2558	52	23	0.40	63.60	36.00	SiL
20	6.25	19.38	3.54	0.16	9.50	2.73	0.4348	62	34	32.40	44.60	24.00	L
21	6.10	14.38	3.70	0.18	4.00	3.17	0.0946	27	54	21.40	54.60	24.00	SiL
22	5.65	15.00	6.58	0.26	6.5	1.13	0.3171	128	63	30.40	53.60	16.00	SiL
23	4.85	5.63	2.51	0.09	1.50	0.35	0.0639	20	56	23.40	61.60	15.00	SiL
24	4.40	7.00	2.42	0.13	1.25	0.44	0.0793	27	42	18.40	63.60	18.00	SiL
25	7.40	8.13	2.32	0.10	17.25	0.83	0.1125	21	42	20.40	61.60	18.00	SiL
26	7.25	10.88	3.52	0.11	17.50	1.23	0.0563	13	20	16.40	68.60	15.00	SiL
27	7.30	10.13	3.02	0.10	12.00	1.04	0.0614	20	45	14.40	69.60	16.00	SiL
28	5.85	16.88	3.54	0.16	5.75	4.53	0.1739	49	6	0	80.00	20.00	SiL
29	7.15	9.88	3.49	0.15	8.25	1.57	0.0716	16	36	12.40	71.60	16.00	SiL
30	6.80	7.38	1.97	0.10	3.38	0.63	0.0946	30	18	34.40	48.60	17.00	L

表3. 觀察田之土壤化學性質(2)

Table 3. Soil chemical properties of the observation plots(2)

試驗代號	有效矽 Avail SiO_2 (ppm)	游離鐵 Free Fe (%)	易還原性 Mn (ppm)	EDTA extractable (ppm)				0.1N HCl extractable (ppm)			
				Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn
1	20	0.68	21	2.5	20.0	150	24	10.4	5.3	58	156
2	20	0.80	110	3.0	13.5	215	53	10.4	11.5	575	225
3	40	0.48	4	1.7	19.0	130	10	11.2	13.0	300	23
4	80	1.15	75	1.7	8.0	175	63	10.8	7.5	425	300
5	23	0.43	6	2.4	19.0	175	10	8.0	13.0	525	19
6	15	0.83	47	2.4	19.5	155	36	2.4	0.5	2	188
7	43	0.63	40	2.7	18.0	210	28	9.2	11.5	200	163
8	31	0.83	42	1.0	21.0	175	48	3.8	3.3	72	200
9	28	0.85	38	2.6	25.0	150	35	2.7	0.8	4	231
10	18	0.93	115	1.0	17.5	140	43	3.4	1.8	3	300
11	40	0.88	29	1.6	16.5	150	31	8.8	12.0	450	144
12	45	0.75	15	1.6	24.0	140	25	11.2	18.8	825	81
13	170	0.98	75	1.2	14.5	85	50	6.8	11.0	700	138
14	170	1.05	185	2.3	19.5	65	90	15.6	15.0	1,400	300
15	40	0.88	40	1.5	23.5	160	41	6.2	16.0	250	175
16	0	0.36	15	2.9	25.5	170	25	1.3	0.8	1	125
17	0	0.80	75	3.7	16.6	215	60	1.0	0.5	1	106
18	53	0.65	11	1.4	14.8	230	19	6.9	11.0	475	33
19	250	1.60	410	1.8	15.5	110	143	11.0	12.5	1,400	938
20	135	0.55	44	1.4	15.3	135	29	12.2	12.0	950	125
21	98	0.70	23	4.0	14.5	105	33	10.8	10.5	425	88
22	100	0.95	16	3.5	13.8	305	25	7.8	12.5	1,000	63
23	10	0.70	6	4.8	22.0	425	10	7.8	15.5	825	16
24	17	1.38	26	3.6	22.5	540	48	6.2	14.5	1,100	75
25	40	1.00	160	1.5	15.5	200	70	5.0	11.5	250	438
26	35	0.80	20	1.5	26.5	140	36	8.2	14.0	375	163
27	43	0.93	75	6.0	28.0	175	49	19.4	21.0	800	219
28	90	1.25	120	2.1	17.0	120	84	10.4	13.0	1,325	213
29	40	0.70	13	1.3	21.0	170	21	10.8	20.5	525	75
30	35	0.58	18	0.6	12.5	200	18	6.3	11.3	1,175	63

表4. 罹病指數與稻谷產量及稔實率、千粒重的關係

Table 4. Relationship between disease index and grain yield, filled grain percentage, thousand grain weight of rice

因變數 (Dependent variable)	主變數 (Independent variable)	單相關係數 (Simple correlation coefficient) 1st crop	2nd crop
谷產量 (Grain yield)	罹病指數 (Disease index)	(-)0.548**	(-)0.715**
稔實率 (Filled grain percentage)	罹病指數 (Disease index)	(-)0.525**	(-)0.332ns
千粒重 (Thousand grain weight)	罹病指數 (Disease index)	—	(-)0.388*
谷產量 (Grain yield)	稔實率 (Filled grain percentage)	0.239ns	0.257ns
谷產量 (Grain yield)	千粒重 (Thousand grain weight)	—	0.253ns

* Significant at 5% level, ** Significant at 1% level, ns not significant.

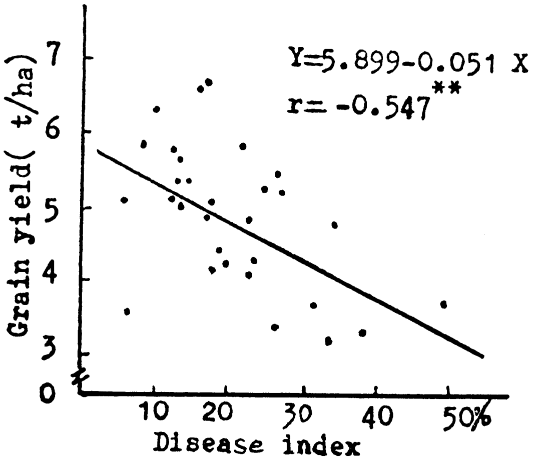

圖1. 胡麻葉枯病與稻谷產量之關係 (1977年一期作)

Fig. 1. Relationship between grain yield and disease index (1st crop, 1977)

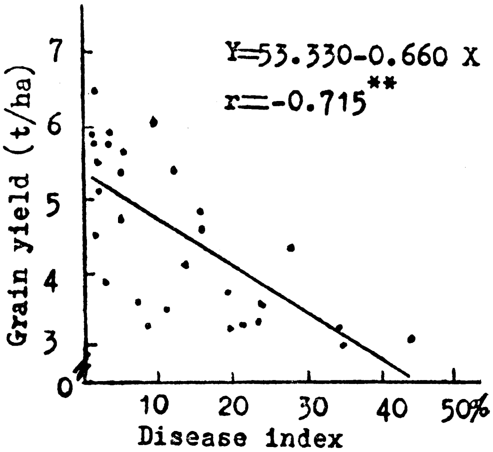

圖2. 胡麻葉枯病與稻谷產量之關係 (1977年二期作)

Fig. 2. Relationship between grain yield and disease index (2nd crop, 1977)

(二)罹病指數與土壤化學性質的關係 (表5):

由本試驗結果,與水稻罹病指數關係最密切的土壤性質在一期作為土壤陽離子交換能量 (CEC),及土壤中有效錳的含量,均呈顯著負相關關係,而與土壤中氮與鉀 (全氮及交換性鉀) 含量的比例則呈顯著正相關關係,與其他土壤化學性質關係不顯著 (pH 以外未列表,三十觀察點中有十七處 pH 在 7 以上)。二期作中與罹病指數關係達顯著程度之土壤性質除土壤陽離子交換能量,有效錳含量及土壤中氮:鉀比以外,土壤中游離鐵,有效鉀及矽之含量也與罹病指數呈極顯著之負相關關係。

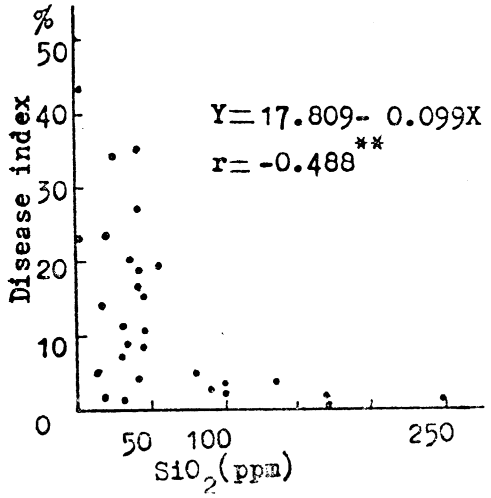

圖6. 罹病指數與土壤中 SiO_2 含量的關係

Fig. 6. Relationship between disease index and SiO_2 content of the soil (2nd crop)

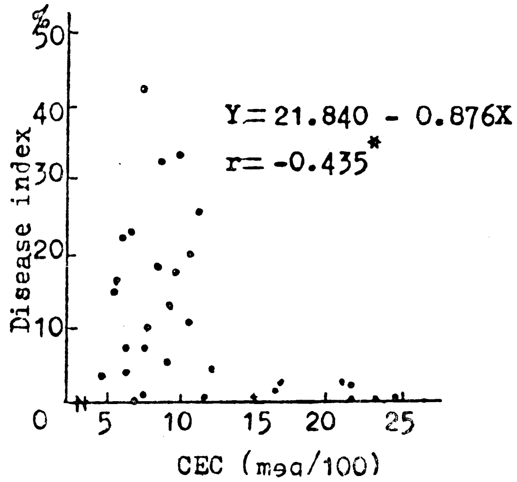

圖7. 罹病指數與土壤陽離子交換能量的關係

Fig. 7. Relationship between disease index and CEC of the soil (2nd crop)

5.與土壤陽離子交換能量的關係：由水稻罹病指數與土壤中鉀、錳、鐵及矽的關係，知土壤中此等陽離子及矽含量高，水稻罹病指數即低，由於土壤如有較高的陽離子交換能量，即能保有較多的鉀、錳、鐵及矽，其罹病指數自然降低。在日本及韓國，胡麻葉枯病也多發生在陽離子交換能量低的土壤[9,19]。圖 7 顯示陽離子交換能量在約 12meq/100g Soil 以上的土壤，其罹病指數均低。

6.罹病指數與土壤化學性質的複相關關係：

如以兩種土壤性質共同估計水稻罹病指數，則以N：K比及 SiO_2 或以N：K比及Fe 共同估計，其準確度最高，如圖 8 及 9。兩種估計法中均有N：K 比，且

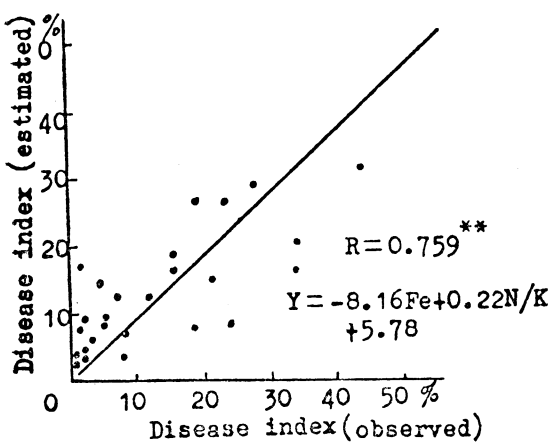

圖8. 以土壤N：K比及鐵的含量估計之罹病指數與實測值的關係

Fig. 8. Relationship between disease index estimated by N:K ratio and Fe content of the soil and observed disease index

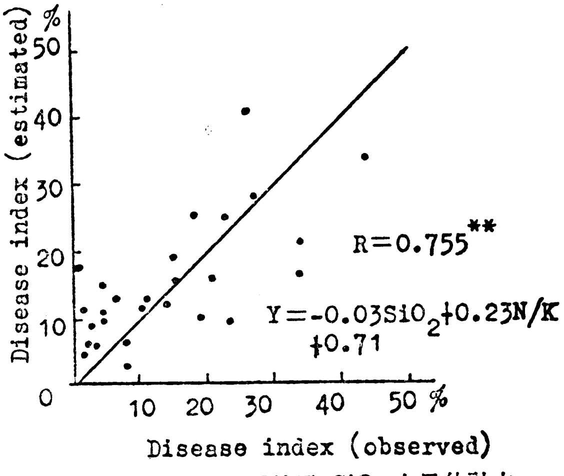

圖9. 以土壤N：K比及 SiO_2 含量估計之罹病指數與實測值的關係

Fig. 9. Relationship between disease index estimated by M:K ratio and SiO_2 content of the soil and observed disease index

複相關係數較 N：K 比與罹病指數之單相關係數（r =0.744**）相差不多。可見土壤中N：K比與罹病指數之重要性。

㈢罹病指數與稻田滲漏速度的關係：

本試驗中曾於一、二期作插秧後30日，作田間滲漏速度調查兩次，但一期作調查時因部分觀察田曾於調查前排水，土壤乾裂，故調查所得資料不甚準確，其與罹病指數之相關關係也未達顯著程度（表 6）

表6. 罹病指數與稻滲田漏速度的關係

Table 6. Relationship bet ween disease index and field water percolation rate

因變數 (Dependent variable)	主變數 (Independent variable)	單相關係數 (Simple correlation coefficent)	
		1st crop	2nd crop
罹病指數 (Disease index)	稻田滲漏速度 (Field water percolation rate)	0.250ns	0.534**

圖 10 為一期作罹病指數與稻田滲漏速度之關係圖，此圖顯示滲漏速度在 3cm/day 以上之觀察田，其罹病指數均在15%以上；3cm/day 以下之觀察田罹病指數高低都有，由表 7 知滲漏速度在 3cm/day 以下之 23 處觀察田，其罹病指數與土壤之 CEC，有效 Mn, Fe 之關係最密切，均為顯著負相關關係。

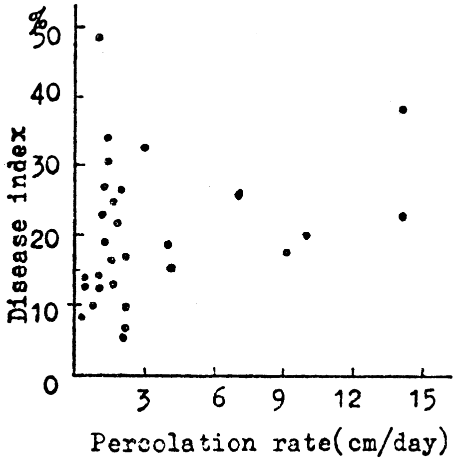

圖10. 罹病指數與稻田滲漏速度的關係（一期作）

Fig. 10. Relationship between disease index and field water percolation rate (1st crop)

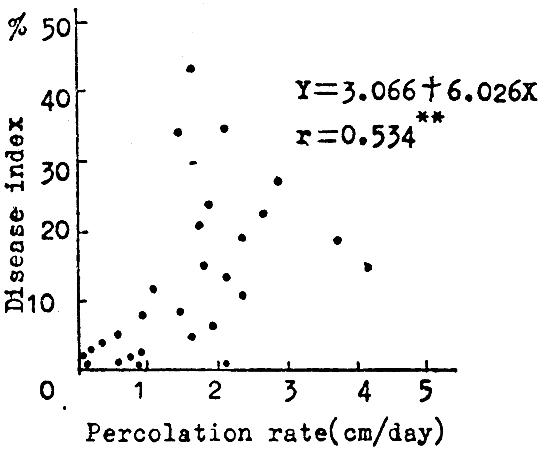

圖 11. 罹病指數與稻田滲漏速度的關係（二期作）

Fig. 11. Relationship between disease index and field water percolation rate (2nd cron)

圖11為二期作時罹病指數與稻田漏水速度的關係，此圖顯示田間漏水速度在每日一公分（1cm/day）以下之稻田其罹病指數均在10%以下。

表7. 罹病指數與土壤化學性質的關係（田間滲漏速度在 3cm/day 以下者）

Table 7. Relationship between disease index and soil chemical properties (23 plots with field water percolation rate less than 3cm/day)

因變數 (Dependent variable)	主變數 (Independent variable)	單相關係數 (Simple correlation coefficient)
罹病指數 (Disease index)	CEC	(−)0.44*
	Mn (EDTA)	(−)0.46*
	Mn (easily reducible)	(−)0.43*
	Fe (free)	(−)0.41*
	SiO_2	(−)0.36ns
	N/K ratio	0.33ns

稻田滲漏速度與土壤性質也有很密切的關係。由表 8 知東部稻田滲漏速度快的土壤其 pH 較高，CEC 較低（因質地較粗），陽離子含量均較低。由於 CEC 低，陽離子含量低的土壤一般較易罹患胡麻葉枯病，故滲漏速度快的土壤也多半就是胡麻葉枯病發生嚴重的稻田，由此可知東部胡麻葉枯病與稻田的退化趨勢有關。

如以三種土壤性質共同估計其田間漏水速度，則以土壤 N：K 比，Fe, Mg 的含量或以 N：K 比，Fe 及 Mg：K 比共同估計時，其準確度最高，如圖12及13。

表8. 稻田滲漏速度與土壤化學性質的關係（二期作）

Table 8. Relationship between field water percolation rate and soil chemical properties (2nd crop, 1977)

因變數 (Dependent variable)	主變數 (Independent variable)	單相關係數 (Simple correlation coefficient)
滲漏速度 (Water percolation rate)	pH	0.461**
	CEC	(−)0.507**
	K (available)	(−)0.565**
	K (ex. & soluble)	(−)0.499**
	SiO_2 (available)	(−)0.419*
	Fe (0.1 N HCl)	(−)0.495**
	Fe (free)	(−)0.604**
	Mn (EDTA)	(−)0.433*
	Mg (ex.)	(−)0.422*
	Ca:Mg ratio	0.486**
	N:K ratio	0.622**

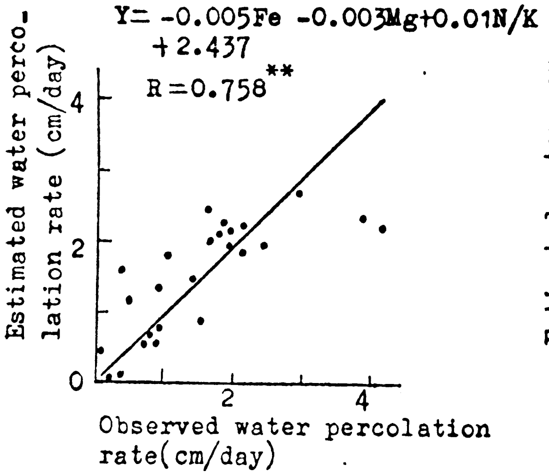

圖12. 以土壤中 Fe, Mg 含量及N：K比估計之漏水速度與實測值之關係

Fig. 12. Relationship between water percolation rate estimated by N:K ratio, Fe and Mg content of the soil and observed percolation rate

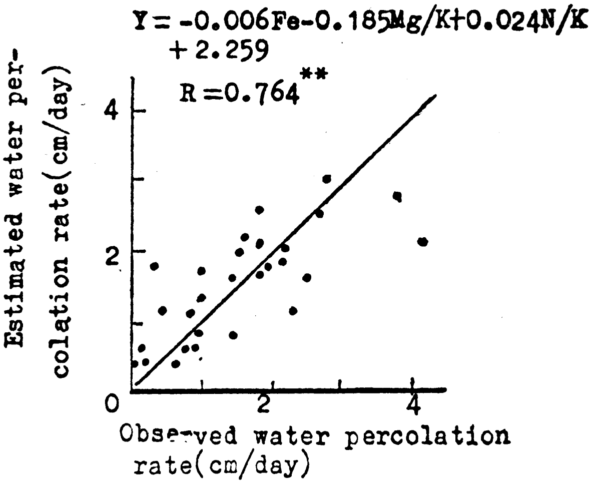

圖13. 以土壤中N：K比，Mg:k比及 Fe 含量估計之漏水速度與實測值之關係

Fig. 13. Relationship between water percolation rate estimated by N:K ratio, Fe and Mg/K ratio of the soil and observed percolation rate

(四)罹病指數與水稻植株內營養成分含量的關係：

本試驗曾於一期作水稻抽穗期；二期作水稻孕穗期，抽穗期及成熟期於各觀察田採取稻株樣本，去除其稻穗，作植物分析。於採取水稻樣本之同時，並作水稻罹病指數調查（收穫時除外），目的為明瞭水稻罹病指數與其植株內營養成分含量的關係。

水稻在不同生長期，其體內所含之營養分也不同，為供參考，將30觀察點在三不同生長期分析資料之平均值列於表 9（二期作）。三要素在成熟時之含量較幼穗形成期為低，矽之含量則在成熟時較高，鈣與鎂之含量前者在成熟時較高，後者却較低。微量要素中，鐵及錳之含量在成熟時較高，銅與鋅則反是。

表9. 不同生長期水稻體內養分含量情形（30處平均）

Table 9. Nutrient content of the rice plant (leaf and stem) at different growth stages (means of 30 sites, 2nd crop)

Nutrient / Growth stage	N (%)	P (%)	K (%)	SiO_2 (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Formation of panicle primordia	2.16	0.27	2.76	6.1	0.44	0.19	100	268	8.7	32
panicle emergence	1.42	0.23	2.15	6.5	0.34	0.17	89	317	6.8	26
Complete ripening	0.83	0.06	2.31	9.1	0.50	0.12	164	349	4.[illegible]	23

二期作三次植物分析結果與同時期所作之罹病率調查資料之相關分析結果，以抽穗期之相關關係最好，且便於與一期作比較。故此處二期作僅以抽穗期之植物分析結

極顯著正相關關係；二期作中除前述四項關係外，P, Ca, Mg 與稚病指數也成顯著之正相關關係（表12）。

表12. 稚病指數與水稻體內營養成分含量的關係

Table 12. Relationship between disease index and nutrient content of the rice plant

因變數 (Dependent variable)	主變數 (Independent variable)	單相關係數 (Simple correlation coefficient)	
		1st crop	2nd crop
稚病指數 (Disease index)	Fe	—	0.469**
	Mn	(−)0.444*	(−)0.528**
	Fe/Mn	0.623**	0.707**
	SiO_2	(−)0.421*	(−)0.532**
	P	—	0.457*
	Ca	—	0.431*
	Mg	—	0.599**
	K/Ca	—	(−)0.503**
	K/Mg	(−)0.418*	(−)0.627**

1. 與錳的關係：兩期作稚病指數與植株內 Mn 的含量均成顯著負相關關係，此關係與土壤中錳的關係完全一致，由此更可見水稻稚病指數與錳間關係的重要性(圖14)。
2. 與鐵錳比的關係：稚病指數與水稻植株內 Fe：Mn 比的相關關係較其與 Mn 的關

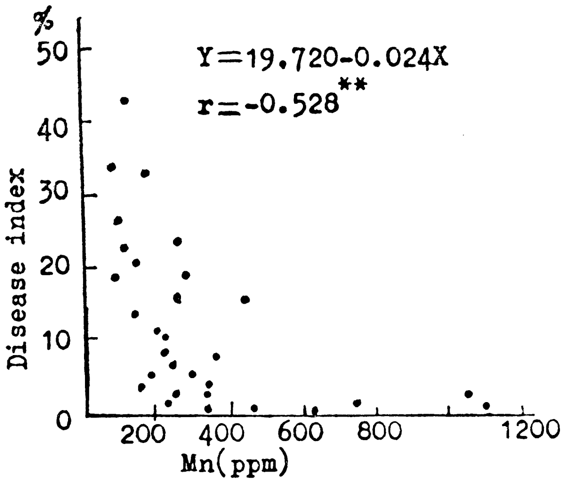

圖14. 稚病指數與稻體內 Mn 含量的關係

Fig. 14. Relationship between disease index and Mn content in the rice plant

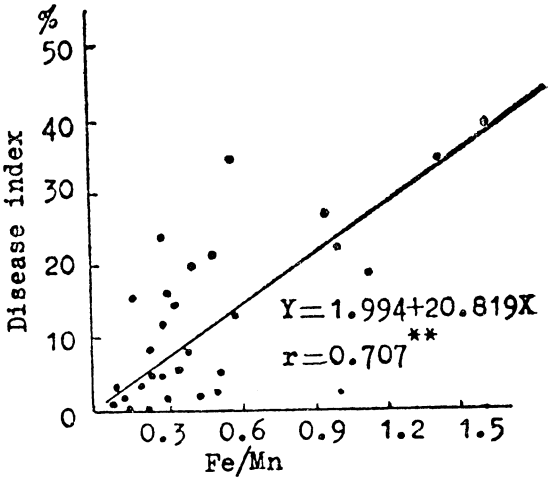

圖15. 稚病指數與稻體內 Fe/Mn比的關係

Fig. 15. Relationship between disease index and Fe/Mn ratio in the rice plant

係更為密切(圖15)，兩期作均為極顯著正相關關係。錳被認為是植物氧化作用酵素中的組成分之一，而其作用與鐵有不可分的關係，故二者間必有一平衡存在(10)。鐵、錳比愈大，錳的缺乏當愈嚴重。

3.與矽的關係：罹病指數與稻體內 SiO_2 的含量兩期作中均成顯著負相關關係（圖16），且罹病指數與土壤中有效矽也有相同的關係，由此可見矽對水稻罹病程度的重要性。依達氏研究結果(11)，水稻稻藁中矽量（成熟時）在9％以下時，施矽有5％增產效果，本研究30觀察點中，成熟時稻藁中 SiO_2 含量在9％以下者有16處。

4.與鉀、鎂比的關係（圖17）：罹病指數與稻體內 K：Mg 比在兩期作均成顯著負相關關係，即 K：Mg 比高，罹病指數低，蓋 Mg 與K間有頡頏作用，K：Mg 比小，使缺鉀惡化。

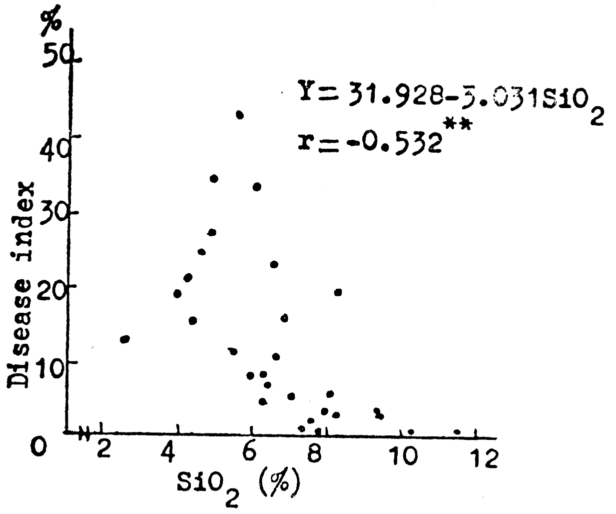

圖16. 罹病指數與稻體中 SiO_2 含量的關係

Fig. 16. Relationship between disease index and SiO_2 content of the rice plant at panicle emergence stage

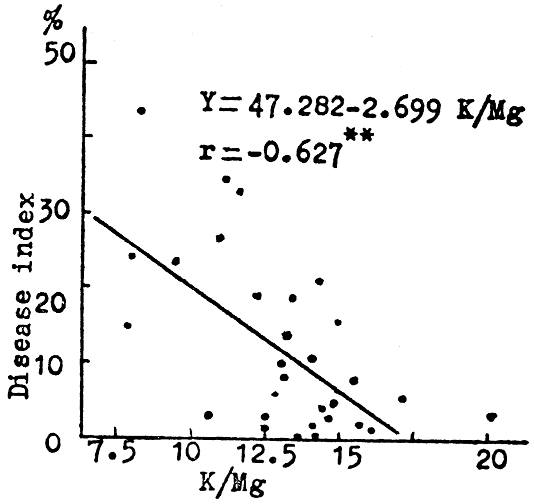

圖17. 罹病指數與稻體中 K:Mg 比的關係

Fig. 17. Relationship between disease index and K:Mg ratio in the rice plant at panicle emergence stage

5.罹病指數與水稻體內營養成分的複相關關係：

如以水稻體內兩種營養成分共同估計其罹病指數，則以 SiO_2 及 Fe：Mn 比或以 Mg 及 Fe：Mn 比共同估計時，其準確度最高，如圖18及19。罹病指數與 Fe：Mn比的單相關係數為 r＝0.707**，當相關關係中增加 SiO_2 或 Mg 時，其複相關係數即提高許多，足見除 Fe：Mn 比外，水稻體內的 SiO_2 及 Mg 的含量對其罹病指數關係也很大。

如以三種營養成分共同估計，則以 SiO_2, Ca：Mg 比及 Fe：Mn 比或 K：Ca 比，Ca：Mn 比及 Fe：Mn 比共同估計時，其複相關係數最高，此時估計出之水稻罹病指數已有72％之準確度如圖20及21。

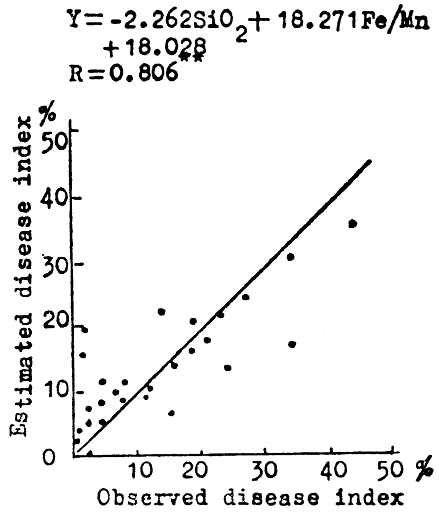

圖18. 以稻體中 SiO_2 含量及 Fe:Mn 比估計之稻病指數與實測值之關係

Fig. 18. Relationship between disease index estimated by SiO_2, Fe:Mn ratio in the rice plant and observed disease index

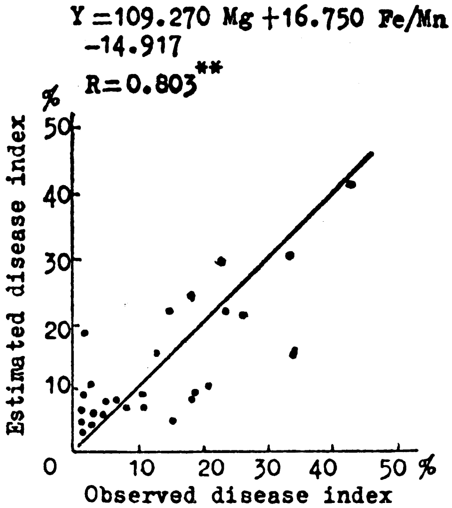

圖19. 以稻體中 Mg 含量及 Fe:Mn 比估計之稻病指數與實測值之關係

Fig. 19. Relationship between disease index estimated by Mg, Fe:Mn ratio in the rice plant and observed disease index

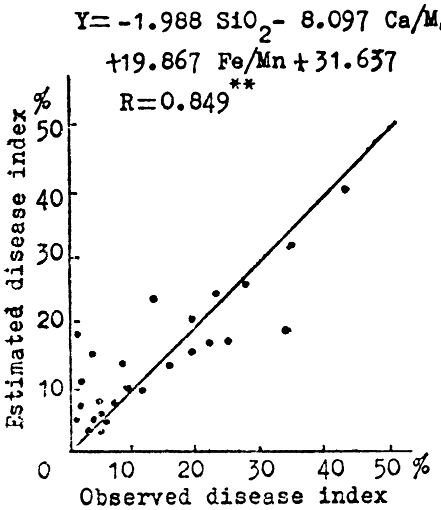

圖20. 以稻體中 SiO_2 含量，Ca:Mg 比及 Fe:Mn 比所估計之稻病指數與實測值之關係

Fig. 20. Relationship between disease index estimated by SiO_2, Ca:Mg ratio and Fe:Mn ratio in rice plant and observed disease index

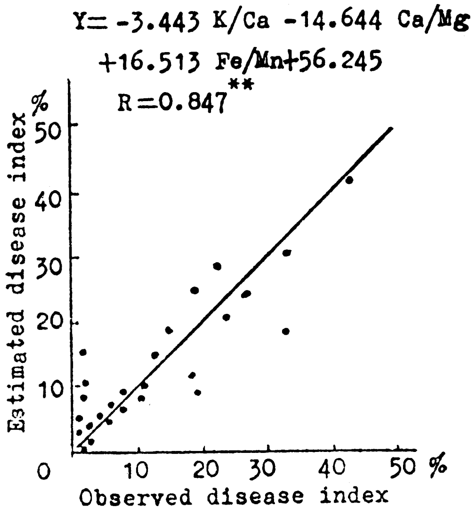

圖21. 以稻體中 K:Ca 比，Ca:Mg 比及 Fe:Mn 比所估計之稻病指數與實測值之關係

Fig. 21. Relationship between disease index estimated by K:Ca ratio, Ca:Mg ratio, and Fe:Mn ratio in rice plant and observed disease index

㈤水稻產量與土壤化學性質的關係：

與水稻產量關係達顯著程度的土壤化學性質在一期作只有 CEC 及 0.1 N HCl 抽取性鐵，均成顯著正相關關係。二期作則除 CEC 及 Fe 以外，與土壤 pH, K, SiO_2 及 Mg 的含量也呈顯著相關關係如表13.

表13. 水稻產量與土壤性質的關係

Table 13. Relationship between grain yield and soil properties

因變數 (Dependent variable)	主變數 (Independent variable)	單相關係數 (Simple correlation coefficient)	
		1st crop	2nd crop
	pH	—	(−)0.449*
	CEC	0.370*	0.508**
	Fe (0.1N HCl ext.)	0.527**	0.583**
	Fe (Free)	—	0.493**
谷產量 (Grain yield)	SiO_2	—	0.541**
	N (Available)	—	0.644**
	K (ex. & soluble)	—	0.667**
	Ca/Mg	—	(−)0.399*
	N/K	—	(−)0.598**
	K/Ca	—	0.478**

由表13知東部地區水稻產量高的稻田其 pH 較低，陽離子交換能量較高，陽離子如有效鐵、矽及鉀的含量也較高

土壤陽離子交換能量 (CEC) 為決定水稻產量的一個很重要因素，在日本及馬來西亞均已發現[13]，凡水稻產量高的土壤其陽離子交換能量必高。表13顯示本省東部土壤水稻產量兩期作中均與土壤陽離子交換能量成顯著正相關關係，惟此關係不若與 0.1 N HCl 可溶性鐵之關係顯著。本試驗分析結果顯示土壤中之游離鐵含量有不少地方很低（表 3）。而一期作植物分析結果更顯示稻株含鐵量多偏低（雖稻谷產量與植株內鐵之含量關係未達顯著平準）。依 Chapman[7] 所引用 Brown 氏等研究，水稻葉片含 Fe 量在 63ppm 以下即屬缺乏，及 Tanaka 及 Yoshida[19]報告 70ppm 以下為缺乏 (leaf blade, at tillering)。則本試驗觀察點一期作中有一半以上 (17點) 在此濃度以下（表10）。

㈥水稻產量與其植株內礦物成分含量的關係：

與水稻產量關係達顯著程度之營養要素在一期作為 SiO_2 及 N，成顯著正相關關係，與 Mg 則成顯著負相關關係，而與產量相關最密切者為 K/Mg 比。二期作除與 SiO_2, Mg 及 K/Mg 比的顯著相關關係外，與 Mn 也成顯著相關關係。如表14.

表14. 水稻產量與植株內營養成分含量的關係

Table 14. Relationship between grain yield and nutrient content of the rice plant

因變數 (Dependent variable)	主變數 (Independent variable)	單相關係數 (Simple correlation coefficient)	
		1st crop	2nd crop
產量 (Grain yield)	SiO_2	0.472**	0.556**
	Mn	—	0.499**
	Mg	(−)0.441*	(−)0.483**
	N	0.409*	—
	K/Ca	—	0.508**
	K/Mg	0.544**	0.595**
	Fe/Mn	—	(−)0.489**

由水稻產量與土壤中交換性鎂的顯著負相關關係，似乎顯示東部土壤中鎂含量偏高。但由土壤分析結果（表2）此30觀察點之交換性鎂含量在0.4～5.8meq/100g Soil，並不偏高。且過去研究文獻中，鎂過多的例子極少[7]，多係由於鎂與其他要素，如鉀、鈣等間之濃度平衡關係引起[20]。本試驗結果中稻谷產量與K/Mg比的正相關關係較其與Mg的負相關關係更為顯著，也即顯示限制產量之因素為鉀營養，而鉀之缺乏受鎂多影響而惡化，如能適當提高土壤中鉀含量，即能提高稻谷產量。

二、田間試驗

在花蓮改良場內（發病地區）客入經常發生胡麻葉枯病之土壤（花蓮縣鳳林鎮、花蓮縣壽豐鄉）二種及不發病之土壤（臺中改良場、新竹改良場及花蓮縣玉里鎮）三種，種植水稻，比較各不同土壤在發病地區內罹患胡麻葉枯病的情形。

本試驗中所用土壤採取地點、土壤性質、產量及罹病指數等列於表15及16。由表15

表15. 田間試驗用土性質及其罹病指數、產量

Table 15. Disease index, grain yield, and soil properties of the compartment experimental soils

土壤 \ 項目		pH	CEC me/100 g	O.M. %	Total N%	Texture	罹病指數* 1	罹病指數* 2	罹病指數* 平均	稔實率	千粒重 g.	產量 kg/ha
臺中	原不發病	5.15	10.13	1.74	0.09	L	19.6	34.1	26.9	89.3	25.8	5,678
新竹	原不發病	6.00	15.00	4.42	0.18	SiCL	24.3	47.7	36.0	80.6	25.8	3,842
玉里	原不發病	5.75	21.88	4.42	0.17	SiC	23.2	46.1	34.7	78.4	26.8	3,569
鳳林	原發病	7.20	12.50	4.27	0.19	SiL	23.3	48.5	35.9	83.8	26.0	4,224
壽豐	原發病	7.35	12.65	5.71	0.23	SiL	23.3	48.2	35.8	78.0	24.7	3,101
吉安	原發病	7.40	8.13	2.21	0.09	SiL	22.4	39.8	31.1	85.5	26.8	4,398

* 第一次在孕穗期，第二次在抽穗期調查

知原來不發病之臺中、新竹及玉里三處之土壤當客入發病地區後，仍然罹患胡麻葉枯病，僅臺中土壤其罹病較輕，產量也較高。吉安土壤也有發病較輕之趨勢。臺中與吉安土壤，除其有機質與全氮含量較其他土壤為低外，另看不出與罹病指數有關之肥力因素差異。此水泥框試驗結果顯示，試驗地點之胡麻葉枯病天然接種壓力超過土壤之抗病能力。

表16. 田間試驗用土性質

Table 16. Soil chemical properties of the compartment experimemal soils

		solu. & exch. (ppm)			avail. (ppm)			Free Fe%	Easily redu. Mn (ppm)	EDTA Ammonium carbonate (ppm)			
		Ca	Mg	K	K	P	SiO_2			Fe	Mn	Cu	Zn
臺中	原不發病	550	172	52	35	48	40	0.90	23	425	25	4.7	1.7
新竹	原不發病	1,350	366	60	41	54	105	1.03	32	200	25	10.0	2.8
玉里	原不發病	1,500	644	140	94	4	165	1.89	170	60	118	1.1	11.0
鳳林	原發病	3,250	175	36	16	53	75	0.88	20	180	38	20.0	8.6
壽豐	原發病	4,000	175	35	19	3	70	0.88	85	175	65	22.5	2.0
吉安	原發病	3,700	109	23	10	39	40	0.68	21	150	24	20.0	2.5

誌謝：本研究承農復會技正蘇楠榮先生策劃，文成並蒙蘇技正及農試所農化系主任林家棻技正之悉心斧正，謹誌最誠摯之謝意。

參考文獻

1. 林家棻 1976. 臺灣省農田肥力測定，臺灣省農業試驗所試驗報告第28號。
2. Standard evaluation system for rice. 1976. International Rice Testing Program. lnt. Rice Res. Inst.
3. Akai, S. 1962. Application of potash and occurrence of Helminthosporium leaf spot on rice. Potash review, Subj. 23. 27th Suite.
4. Asami, T., and Kumada, K. 1960. Comparison of several methods for determing free iron in soils. Soil and Plant Food 5:179-183.
5. Okuda, A. and Takahashi, E., 1967. The role of silicon. Chapter 10 in The mineral nutrition of the rice plant. Proceedings of a symposium at The Int. Rice Res. Inst. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, The Philippines.
6. Bower, C. A., Reitemier, R. F., and Firman, M. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Sci. 73:251-261.
7. Chapman, H.D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils.
8. Imaizumi, K., and S. Yoshida. 1958. Edaphological studies on silicon supplying of paddy fields. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. (Japan) B. Ser. 261-304.

9. Baba, I., K. Inada, and K. Tajima. 1967. Mineral nutrition and the occurence of physiological disease. Chapter 12 in The mineral nutrition of the rice planrt.
10. Ishizuka, Y. 1971. Nutrient deficiencies of crops. Food & Fert. Tech. Cen. ASPAC. Taipei.
19a. Ishizuka, Y. 1967. Nutrient uptake at different stages of growth. Chapter 13 in "The mineral nutrition of the rice plant".
11. Kawaguchi, K., and K. Kyuma. 1969. Lowland rice soils in Thailand. Reports Res. Southeast Asia Natural Sci. Ser. N-4.
12. Lian, S. 1976. Silica fertilization of rice, In "The fertility of paddy aoils and fertilizer application for rice". p. 197-219. ASPAC. Taipei.
13. Matsuo, H. 1963. High yield of paddy rice and potash. Potash review. Snbject 9. cereal crops. 8th Suite International potash institute. Berne, Switzerland.
14. Mortvedt, J.J., P.M. Giordano, and W. L. Lindsay. 1972. Micronutrients in agriculture. Soil Sci. Soc. of America, Inc.
15. Ou, S.H. 1973. A handbook of rice diseases in the tropics. The Int. Rice Res. Inst. Manila. The phlilppines.
16. Sherman, G.D., McHargue, J.S., and Hodgkins, W.S. 1942. Determination of active manganese in soil. Soil Sci. 54:253-257.
17. Su, N.R., 1976. Potassium fertilization of rice. In "The fertility of paddy soils and fertilizer application for rice". p. 117-148. ASPAC, FFTC, Taipei.
18. Talibudeen, O., M.B. Page and J.D.D. Mithell. 1977. The interaction of nitrogen and potassium nutrition on dry matter and nitrogen yields of the Graminae: Perennial Ryegrass (Lolium perenne). potash review, subject 7, 22th Suite.
19. Tanaka, A. and S. Yoshida. 1970. Nutritional diosorders of the rice plant in Asia. Intern. Rice Res. Inst. Tech. Bull. 10.
20. Trelease, S. F., and Helen M. Trelease. 1931. Magnesium injury of wheat. Bull. Torrey Bot. 58:127-148.
21. Wu, C.T., and S. Lian. 1965. Study on the effect of silica on paddy rice (Part III). J. Taiwan Agr. Res. 14(3):45.
22. Yamasaki, T. 1967. The role of Microelements. Chapter 9 in "The minetral nutrition of the rice plant"
23. Yoshida, S. 1975. Tech. Bull. No.25. ASPAC, FFTC, Taipei, Taiwan.

Study of Relationship Between Soil Fertility and Brown Leaf Spots in Rice

T.S.Lee Wang, L.S.Hsu, C.H.Lin

Summary

Brown leaf spot, a disease known to be typical in rice grown on poor soils, is the most widespread and pronounced disease in eastern Taiwan. This is probably due to the fertility characteristics of the Schist alluvial soils in that region where micronutrients are usually deficient. This study was carried out to identify the dominant fertility factor, or factors, conducive to the manifestation of brown leaf spot in eastern Taiwan.

Two parts were included in this study: One is the survey of fertility factors related to brown spot disease of rice. Thirty widely scattered fields (10 non-or slightly affected, 10 moderately affected, and 10 seriously affected by the brown spot disease in previous years) in eastern Taiwan were selected as the observation plots, each with anar ea of 500m². Soil samples from each of the observation plots were collected prior to the submergence and land preparation for the lst and 2nd crops analyzed respectively. Plant samples were taken at panicle emergence stage and infection rate of the disease, in terms of the percentage of leaf area affected, were surveyed in the meantime in each of the 30 observation plant samples were analyzed for its mineral composition. Correlation analyses were made to elucidate the independent or combined effects of individual fertility factors on the brown spot disease on the yield of rice. The other part was a compartment experiment on the influence of soils on brown spot disease. Five kinds of surface soils collected from other paddy-fields in eastern and western Taiwan (3 without and 2 with the disease) were put in the paddy-field of Hualien DAIS where brown spot disease always occurs, rice was planted and the percentage of leaf area infected and yield of rice were measured in each of these soils. The results are summarized as follows:

1. The highly negative correlation between grain yield and disease index (1st crop, r = −0.548**; 2nd crop, r = −0.715**) shows that brown leaf spot is really one of the dominant factors causing ultimate low yields in eastern Taiwan.

2. Soil analysis data show that available potassium, manganese and silica content are low in this area. Twenty-four out of the 30 observation plots are with exchangeable K below the critical concentration of 70 ppm; 10 out of 30 plots with available Mn below the critical concentration of 20 ppm; and 18 out of 30 plots with available SiO_2 content below the critical concentration of 40 ppm.

3. The disease index is negatively correlated with cation exchange capacity and available Mn of the soil. i.e. the higher the cation exchange capacity and available Mn content of the soil, the lower the disease index. Soil N:K ratio is found to be positively correlated with disease index. These relations existed in both of the 1st and 2nd rice crops in this experiment. Where as the relationships of disease index to soil available K, SiO_2, and Fe contents were only negatively significant in the second rice crop.

4. The relation between nutrient content of the rice plant and disease index also shows that manganese and silica content are negatively correlated, whereas the Fe:Mn ratio is highly and positively correlated, with disease severity.

5. The disease index is significantly and negatively correlated with K:Mg ratio in the rice plant. This relation shows that the disease severe provided the supply of potassium is low relative to that of magnesium.

6. A compartment experiment showed that when soils from non-affected area were put into the disease-affected area, rice grown on the soil of the non-affected area was also infected by brown spot disease, though the intensity of infection was somewhat less in one of three soils than that on the soils of the disease affected area.

In conclusion, the result of this study sudy shown the disease to be intimately correlated with deficiencies of available silica, reducible manganese and low supply of potassium relative to magnesium.